

**ESTUDIO DE MICROCRUSTACEOS (*Daphnia pulex* y *Artemia salina*) COMO INDICADORES DE TOXICIDAD POR CAUSA DEL DICROMATO DE POTASIO EN LA CUENCA ALTA DEL RIO BOGOTÁ.**

**Autor:**

María Angélica Jiménez Albino

**Tutor:**

Erika Ruiz



**Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales**

**Facultad de Ingeniería**

**Universidad Militar Nueva Granada**

**ESTUDIO DE MICROCRUSTACEOS (*Daphnia pulex* y *Artemia salina*) COMO INDICADORES DE TOXICIDAD POR CAUSA DEL DICROMATO DE POTASIO EN LA CUENCA ALTA DEL RIO BOGOTÁ.**

**STUDY OF MICROCRUSTACEANS (*Daphnia pulex* y *Artemia salina*) LIKE TOXICITY INDICATORS CAUSED BY POTASSIUM DICROMATE FOUND IN THE HIGH BASIN OF THE BOGOTA RIVER.**

María Angélica Jiménez Albino

Bióloga. Clinical Data Manager (CDM), Merck Sharp And Dome (MSD), Bogotá, Colombia,  
angelik86@gmail.com

**RESUMEN**

Una de las problemáticas ambientales más urgentes e importantes en el país se refiere al uso indiscriminado de químicos en actividades industriales, el uso de dicromato de potasio en pinturas, galvanotecnia y curtiembres principalmente, el uso de metales pesados como mercurio en actividades mineras, el vertimiento de aguas servidas y otro tipo de compuestos relacionados con actividades industriales y prácticas agrícolas inadecuadas. Lo anterior, ha llevado a que la contaminación química en especial por metales pesados, sea una de las más peligrosas para los ecosistemas acuáticos y las especies presentes en ellos.

Los microcrustaceos son altamente sensibles y tienen la capacidad de mostrar en espacios de tiempo reducidos los efectos de este compuesto en su organismo en comparación con los demás existentes en el medio, por lo que son bioindicadores importantes de contaminación y darnos luces de los efectos que estos tiene sobre los organismos que son de consumo humano y viven en estos ecosistemas.

Es escaso el conocimiento que se tiene en el país de la problemática generada por la disposición en los cuerpos de agua de metales pesados y su impacto sobre el recurso hídrico, el deterioro de ecosistemas y la salud humana.

**ABSTRACT**

One of the most urgent and important issues in Colombia refers to the indiscriminate use of industrial chemicals, use of potassium dicromate on painting, electroplating and tanneries mainly, the use of mercury on minery, dumping of sewage and other kind of compounds related to industrial activity and erroneous agricultural practices. The above, has lead to heavy metals chemical polution, become one of the most dangerous polution to the acuatic ecosystems and the organisms that inhabit them.

Microcrustaceans are highly sensitive and have the capacity to show in a short period of time the effect produced by this compound on their organism, so play an excelent role as bioindicators of polution and give us light about the effect of it over other organisms that live on the same ecosystems and are for human consumption.

The knowledge is little on the population of the country about this huge problem, generated by the disposition of this metal son the waterbodies and it's impacto ver the wáter, ecosistems and human health.

**Palabras clave:** Dicromato de potasio, Bioindicadores, contaminación del agua, cuenca alta del río Bogotá.

**Key words:** Potassium dicromate, bioindicators, wáter polution, high basin of bogota river.

## INTRODUCCION.

El rio Bogotá es conocido por ser el afluente principal de la ciudad de Bogotá D.C. este rio nace en el Páramo de Guacheneque allí se produce gran parte del agua que consumen las poblaciones circundantes al páramo y buena parte de la población bogotana. Es de gran preocupación que dada la importancia del este cuerpo de agua, la población que se sirve en diferentes maneras del rio, exceda en grandes proporciones la cantidad de vertimientos que se hacen en el rio, contaminando y excediendo la capacidad de recuperación del rio (Rangel, 2000).

El dicromato de potasio se utiliza en la producción de productos pirotécnicos y explosivos, en la galvanotécnica para cromar otros metales, como colorante, impresiones, curtir pieles, fabricar telas repelentes al agua, fabricar baterías eléctricas, elaborar productos químicos orgánicos, elaborar cerillos de seguridad, como inhibidor de corrosión, como reactivo analítico, en la industria de la cerámica y obtención de pigmentos, actividades que se realizan por poblaciones que rodean el rio y que en consecuencia realizan sus vertimiento en el mismo.

La cuenca alta del rio Bogotá, posee un importante ecosistema de páramo, caracterizado por su capacidad de captación y almacenamiento de agua, generando un amplio caudal de agua para el río (Rangel, 2000).

El problema más significativo en el control ambiental de este cuerpo de agua, es la contaminación lo cual afecta el equilibrio natural de los ecosistemas afectados (Pulgarin & Martinez, 2010). Por lo que se han implementado diferentes metodologías para evaluar el nivel de toxicidad o resiliencia a agentes contaminantes de algunos organismos dentro de los ecosistemas. Los bioensayos son herramientas ampliamente utilizadas en el campo de la ecotoxicología la cual se ocupa del estudio de efecto y destino de los agentes tóxicos de origen antropogénico a los ecosistemas acuícolas y terrestres (Silva, Torrejón, Bay Schmith, & Larrain A., 2003).

Los organismos que forman parte del zooplancton son utilizados ampliamente en ensayos de ecotoxicología ya que son especies cosmopolitas (por lo menos las especies seleccionadas para esta revisión si lo son) y son habitantes constantes de cuerpos de agua en el mundo incluyendo las contaminadas con desechos industriales, municipales, dichos organismos no son solo útiles para conocer el

grado de contaminación de un cuerpo de agua sino, para conocer las estrategias que generan estos organismos en condiciones hostiles para sobrevivir (Mukhopadhyay, Chattopadhyay, Goswami, & Chatterjee, 2007)

Por lo que el conocimiento del efecto del dicromato de potasio sobre los organismos bioindicadores en ubicados en la cuenca alta del rio Bogotá (*Daphnia pulex*) (y algunos que no habitan pero popularmente son utilizados, porque son excelentes organismos experimentales) (*Artemia salina*) es de vital importancia para todos los consumidores de sus aguas y aprovechadores de sus servicios.

## **1. MATERIALES Y METODOS**

### **1.1 Revisión bibliográfica**

Para conocer el efecto del dicromato de potasio en los microcrustáceos (*Daphnia pulex* y *Artemia salina*) se realizará una extensiva revisión bibliográfica, basada en la biología de los crustáceos, estudios realizados en la cuenca alta del río y los cambios o letalidad en los microcrustáceos por la presencia de éste toxico en dicho cuerpo de agua.

Las bases de datos utilizadas para dicha revisión serán: Springer, Science direct, Jstor, National Academy Press, Nature y Scielo.

### **1.2 Elaboración del documento**

A partir de la información obtenida de la revisión bibliográfica, se realizó un documento con el fin de recopilar y conocer los efectos de dicho compuesto químico sobre microorganismo, lo que puede dar un acercamiento acerca de los efectos en otros organismos biológicos que viven en este ecosistema.

## **2. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **2.1 Biología de *Daphnia pulex* y *Artemia salina*.**

#### **2.1.1 *Daphnia pulex***

##### **2.1.1.1 Taxonomía**

**Phylum:** Artrópoda

**Clase:** Crustácea

**Subclase:** Brachiopoda

**Orden:** Cladócera

**Familia:** Daphnidae

**Género:** Daphnia

**Especie:** *Daphnia pulex*

La *Daphnia Pulex* es un organismo nativo del territorio colombiano, que se encuentra en los ecosistemas acuáticos; ya que el país presenta en su mayoría cuerpos de agua y escorrentías clasificadas como aguas blandas donde habita esta especie, y es un eslabón fundamental en la cadena alimenticia, considerándose como consumidores de primer orden, y cuya familia taxonómica es la que se muestra anteriormente (Bernal Paredes & Rojas Avellaneda , 2007).

#### **2.1.1.2 Morfología**

Los microcrustáceos pertenecientes al género *Daphnia*, son organismos que varían su longitud corporal entre 0.2 y 18 mm (Gariboti, Cervellini, & Piccolo, 2009; Sanchez Martinez, 2006). El tamaño de estos organismos directamente relacionado con la disponibilidad de alimento en el medio; en ambientes con pocos nutrientes, las hembras tienden a producir descendientes relativamente grandes que corresponden a camadas con un pequeño número de individuos, al contrario de lo que sucede en ambientes enriquecidos (Gariboti, Cervellini, & Piccolo, 2009). Poseen el cuerpo segmentado en tres regiones: céfalon, péreion y pleon, siendo esta segmentación poco evidente (Sanchez Martinez, 2006). El tagma cefálico está integrado por seis metámeros que tienden a fusionarse formando un caparazón bivalvo comprimido lateralmente que cubre el resto del cuerpo, posteriormente se prolonga en una espina caudal, El caparazón no cubre el céfalon, siendo sustituido a este nivel por un escudo cefálico. Son evidentes dos pares de apéndices anteniformes: las anténulas, más reducidas en los adultos y con función sensorial en los juveniles, y las antenas con función trófica y locomotora en los juveniles y únicamente locomotora en los adultos, que proporcionan un desplazamiento por natación (Gariboti, Cervellini, & Piccolo, 2009; Rangel, 2000).

En los adultos, la función trófica corresponde a los pereiópodos que generan una corriente de agua en sentido caudo-cefálico, la filtran y retiran los posos del filtrado que serán compactados con una secreción mucosa y posteriormente ingeridos (Sanchez Martinez, 2006). La furca situada al final del telson colabora en la natación, asegurando al mismo tiempo la evacuación de los productos de desecho fuera del caparazón. La visión de los individuos de este género, reside en un único ojo compuesto de color oscuro localizado en la región antero-medial del céfalon, siendo el resultado de la fusión de dos ojos de color rosado al principio del segundo estadio del desarrollo embrionario (Sanchez Martinez, 2006). Algunas especies, poseen un ojo simple (ocelo), localizado entre la región bucal y el ojo compuesto. *Daphnia* presenta fototactismo positivo, detectando los cambios en la luminosidad del entorno a través del ojo compuesto (Sanchez Martinez, 2006). El ojo compuesto, en la mayoría de los cladóceros, funciona orientando al animal mientras nada. Entre el dorso del cuerpo y el caparazón, las

hembras presentan la denominada cámara dorsal de incubación a la que se abren los orificios genitales. Cuando la reproducción es sexual, el macho introduce su postabdomen entre las valvas del caparazón de la hembra, y deposita el esperma en el interior de la cámara incubadora. Los órganos excretores son glándulas antenales (Sanchez Martinez, 2006). *Daphnia* pone en práctica tres estrategias para regular la concentración iónica interna. En primer lugar, la tasa de flujo osmótico es minimizada mediante una hemolinfa diluida. En segundo lugar, a través de la fina cutícula de los sacos branquiales, a nivel de la base de los apéndices torácicos, se procede a la absorción activa de cloruro, incorporando así las sales perdidas al organismo. Finalmente, los productos nitrogenados son excretados como amoniaco a través de las glándulas antenales y, en algunos casos, a través de la superficie corporal general (Sanchez Martinez, 2006).

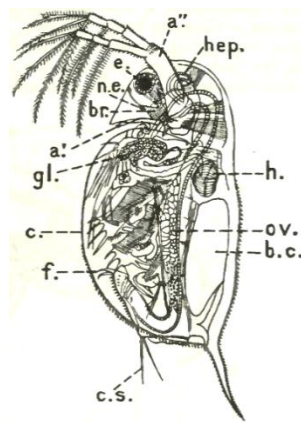


Figura 1. a'. anténula, a''. antena, b.c. cámara de cria, br. cerebro, c. margen de caparazón, c.s. seta caudal, e. ojos compuestos coalescentes en uno, f. furca, gl. glándula maxilar, h. corazón, hep. divertículo hepático, n.e. ojo nauplio, ov ovario.

Tomado de: A treatise of zoology (Lankaster , 1908)

### **2.1.2 *Artemia salina***

#### **2.1.2.1 Taxonomía**

**Phylum:** Artrópoda

**Clase:** Crustacea

**Subclase:** Branquiopoda

**Orden:** Anostraca

**Familia:** Artemiidae

**Género:** *Artemia*, Leach 1819

**Especie:** *Artemia salina*

Entre las cepas bisexuales o zigogenéticas de *Artemia* se han descrito hasta la fecha 7 especies: *Artemia salina*: Lymington, Inglaterra (extinguida), *Artemia tunisiana*: Europa, *Artemia franciscana*: América (Norte, Centro y Sur), *Artemia persimilis* : Argentina, *Artemia urmiana*: Irán, *Artemia sinica*: Asia central y Oriental y *Artemia partenogenética*: Europa y Asia (Salgado Leu, 2001).

Existen importantes diferencias genéticas por ejemplo en el número de cromosomas y en el tipo de isoenzimas que hacen muy confusa la clasificación sistemática conjunta bajo el nombre de *Artemia partenogenética* (Salgado Leu, 2001).

Con el fin de permitir comparaciones futuras, se suministrarán tantos detalles como sean posibles con respecto al origen de la *Artemia* utilizada (Salgado Leu, 2001).

### **2.1.2.2 Morfología**

Los lagos salados y estanques salinos con poblaciones de *Artemia* se encuentran distribuidas por todo el mundo. En algunos momentos del año, grandes cantidades de minúsculas partículas marrones (de 200 a 300 micras de diámetro) aparecen flotando en la superficie de los lagos y son arrojadas sobre las orillas por la acción de las olas y el viento. Este polvo aparentemente inerte está formado por quistes secos inactivos en estado de criptobiosis (durmientes) manteniéndose latentes por el tiempo que permanezcan deshidratados (Salgado Leu, 2001).

Una vez puestos en agua de mar, los quistes bicóncavos se hidratan tomando forma esférica y el embrión recobra su metabolismo reversible interrumpido, 24 horas después, la membrana externa de los quistes se rompe y aparece el embrión rodeado de la membrana de eclosión. Durante las horas siguientes, el embrión abandona completamente la cáscara vacía a la cual permanece todavía unido. Dentro de la membrana de eclosión se completa el desarrollo del nauplio, sus apéndices comienzan a moverse y en un breve periodo de tiempo la membrana de eclosión se rasga emergiendo el nauplio que nada libremente (Salgado Leu, 2001).

El primer estado larvario tiene una longitud que oscila entre 400 y 500 micras de longitud, tras aproximadamente 24 horas, el animal muda al segundo estado larvario. La larva continúa su crecimiento apareciendo diferenciaciones a lo largo de las 15 mudas. Así van apareciendo unos apéndices lobulares pares en la región torácica que se diferenciarán posteriormente en toracópodos, se desarrollan ojos complejos laterales a ambos lados del ojo naupliar (Salgado Leu, 2001).

Desde el estado X (Figura 2) en adelante, se producen importantes cambios morfológicos y funcionales, como: las antenas pierden su función locomotriz y se

transforman en elementos de diferenciación sexual. Los futuros machos desarrollan unos apéndices curvados y prensiles mientras que las antenas de las hembras degeneran en apéndices sensoriales, los toracópodos están ya completamente formados y presentan 3 partes funcionales: los telopoditos y endopoditos con acciones locomotoras y filtradoras y los exopoditos que actúan como branquias. Los adultos de *Artemia* miden hasta 10 mm de longitud en las poblaciones bisexuales y hasta 20 mm en las poblaciones partenogenéticas (Salgado Leu, 2001).

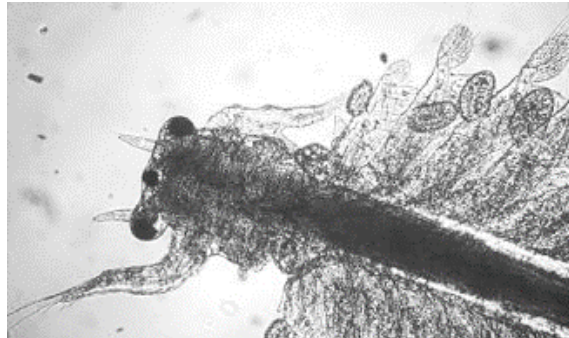


Figura 2. Estado X. Finalización de mudas pero inicio de importantes cambios morfológicos.

Tomado de: La *artemia* y su Cultivo en el Perú (Salgado Leu, 2001)

Los adultos se caracterizan por un cuerpo alargado con dos ojos complejos pedunculados, un aparato digestivo lineal, unas anténulas sensoriales y 11 pares de toracópodos funcionales (Salgado Leu, 2001).

El macho (Figura 3) posee un par de piezas prensiles musculosas muy características en la región cefálica mientras que en la parte posterior del tórax se puede observar un par de penes. La hembra de *Artemia* no tiene apéndices distintivos en la región cefálica, pero puede ser fácilmente reconocida por el saco ovígero o útero que está situado inmediatamente detrás del undécimo par de toracópodos. Los huevos se desarrollan en dos ovarios tubulares situados en el abdomen (Figura 3). Una vez maduros, los oviductos son visibles (Salgado Leu, 2001).



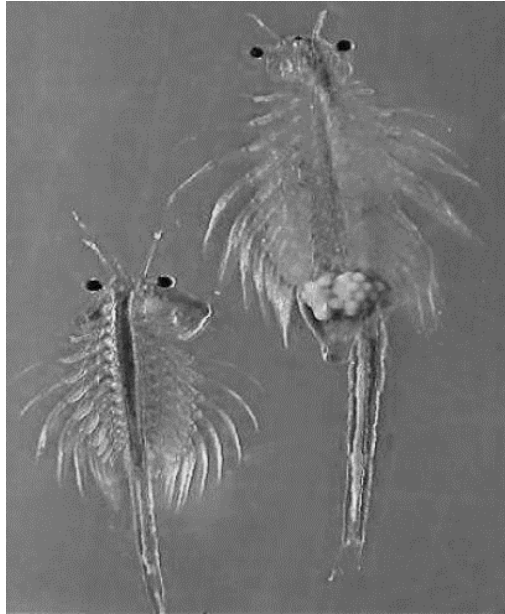


Figura 3. Adultos macho (izquierda) y hembra (derecha).

Tomado de: [www.peces-abbys.com](http://www.peces-abbys.com)

La precópula de los adultos se inicia cuando el macho sujeta a la hembra entre el útero y el último par de toracópodos, con sus antenas modificadas, curvadas, llamadas “claspers”. Las parejas pueden nadar de esta forma durante largo tiempo en lo que se conoce como posición de monta (“paseo nupcial”; Figura 4), para lo cual mueven sus toracópodos de forma sincrónica. La cópula es un rápido acto reflejo en donde la parte ventral del macho se dobla hacia delante y uno de los penes es introducido en la abertura del útero fertilizando los huevos. En el caso de las hembras partenogénéticas la fertilización no tiene lugar y el desarrollo embrionario comienza tan pronto como los huevos han llegado al útero (Salgado Leu, 2001).



Figura 4. Posición de monta.

Tomado de: [www.artemiasalina.com.br](http://www.artemiasalina.com.br)

Los huevos fecundados se desarrollan normalmente en nauplios nadadores (reproducción ovovivípara) que son depositados por la hembra. Los embriones

solo se desarrollan hasta el estado de latencia o diapausa y siendo liberados por la hembra. Los quistes generalmente flotan en las aguas hipersalinas y son llevados hasta las orillas donde se acumulan y se secan (Salgado Leu, 2001).

## **2.2 Dicromato de Potasio**

Es una sal formada a partir del ácido dicromico, su color es naranja intenso, es fuertemente oxidante, en contacto con compuestos orgánicos es altamente inflamable (IPCS, 2005).

Es tóxico para los seres humanos en contacto con la piel produce sensibilización y en algunos casos alergias, de la misma forma que los cromatos, los dicromatos son cancerígenos. En el cuerpo son confundidos por los canales iónicos con el sulfato y pueden llegar así hasta el núcleo de la célula. Allí son reducidos por la materia orgánica presente y el cromo (III) formado ataca a la molécula de ADN Es utilizado ampliamente en actividades como la galvanotécnica para cromar otros metales, en la fabricación del cuero, en la fabricación de pigmentos, como reactivo en la industria química, para recubrimientos anticorrosivos del cinc y del magnesio y en algunos preparados de protección de madera. También está presente en los antiguos tubos de alcotest donde oxida el etanol del aire expirado al aldehído. En química analítica se utiliza para determinar la demanda química de oxígeno en muestras de agua (IPCS, 2005).

### **2.2.1 Efectos del dicromato de potasio sobre los microcrustaceos *Daphnia pulex* y *Artemia salina***

Los metales constituyen presentes en la atmosfera son componentes comunes de la litosfera y forman parte de numerosos ciclos biológicos y geológicos naturales importantes (Gutierrez & Gagneten, 2011). Aunque, se ha demostrado que la creciente industrialización y actividades agrícolas suelen generar importantes modificaciones en estos ciclos, causando el incremento de las concentraciones normales en los cuerpos de agua continentales. Los ecosistemas acuáticos son los ambientes más sensibles a dichos cambios y sus alteraciones tienden a repercutir directamente sobre las poblaciones humanas que los utilizan como fuente de recursos. El zooplancton es la comunidad más importante en donde se puede evaluar un rol central en las tramas tróficas, y su elevada sensibilidad a los cambios físicos y químicos del medio lo que los convierte en bioindicadores de contaminación por metales (Gutierrez & Gagneten, 2011; Gonzáles Pérez & Aportela Gilling, 2001). En estos organismos, se permiten evaluar no sólo los efectos directos, sino también el impacto indirecto de los contaminantes o estresores ambientales, otorgando mayor representatividad a los resultados obtenidos y estimaciones a largo plazo (Gutierrez & Gagneten, 2011; Gariboti, Cervellini, & Piccolo, 2009).

El cromo en aguas contaminadas se encuentra principalmente en forma de cromato; la forma trivalente se encuentra hidrolizada en el agua natural. Es un

metal de transición, cuya abundancia en la corteza terrestre es aproximadamente de 200 partes por millón (ppm). En el agua puede estar presente en dos estados, el trivalente y el hexavalente, aunque usualmente se encuentra en la naturaleza en estado trivalente. Las sales de Cr son frecuentemente utilizadas en las industrias de galvanoplastia, cerámica, pinturas, curtiembre o tenerías y para el control de corrosión. Generalmente se utilizan sales de cromo y dicromatos (de sodio y de potasio) (Pinzón Uribe, Ospina Granados, & Chávez Porras, 2009). Se ha encontrado que la forma hexavalente es la más tóxica para la vida acuática y esta varía con el pH; no porque el Cr sea un metal pesado en el mismo sentido que el Pb y el Ba, sino por su alto poder oxidante. Los metales pesados son tóxicos como cationes, puesto que inhiben la acción de varias enzimas biológicamente importantes (Pinzón Uribe, Ospina Granados, & Chávez Porras, 2009).

Los efectos tóxicos que generan elevadas concentraciones de cromo inciden sobre numerosos parámetros en la historia de vida de microcrustáceos. Sin embargo, se han registrado diferentes resultados que dependen en gran medida de las condiciones de cultivo así como aspectos genéticos de las diferentes especies. En este sentido, existen trabajos realizados sobre los ciclos de vida de los cladóceros y como se afecta por este compuesto, se han revisado las alteraciones en la longevidad, alimentación y reproducción. Asimismo, en condiciones similares, se evaluaron los efectos adversos del cromo en forma individual y en mezclas en el copépodo *Mesocyclops pehpeiensis* y otros copépodos dulceacuícolas (Gutierrez & Gagneten, 2011).

A nivel comunitario, el impacto del cromo fue evaluado intensamente en estudios de mesocosmos, donde se observaron importantes modificaciones en la diversidad, riqueza y densidad del zooplancton. Dicho trabajo denota la necesidad de realizar estudios multiespecíficos, dada su mayor capacidad predictiva al compararla con ensayos que involucran sólo una especie (Gutierrez & Gagneten, 2011).

Diferentes ensayos realizados sobre organismos de *Artemia salina* han demostrado que eclosión de los huevos inicia en tiempos más tardíos de lo reportado en la bibliografía. Los efectos tóxicos del dicromato no se manifiestan en las primeras 3 horas de desarrollo de los organismos. En las concentraciones correspondientes a 5, 10 y 15 mg/L se observó que algunas larvas presentan dificultades en la natación a las 24 h, porcentaje de mortalidad varía desde el 3% hasta el 100% en concentraciones de (5, 10 y 15 mg/L) en tiempos de 24 de exposición a dicho toxico. La concentración letal del 50% (LC50) estimada fue de 12,5 mg/L, la cual está en el rango de valores reportados en la literatura para

ensayos agudos en invertebrados acuáticos (González Pérez & Aportela Gilling, 2001).

El cromo hexavalente es acumulado por los organismos acuáticos por difusión pasiva. La toxicidad para los diferentes grupos, especies y estadios no es la misma y varía además de acuerdo con las condiciones ecológicas y a las características químicas del agua. Las especies de invertebrados como los crustáceos son más sensibles a sus efectos que los vertebrados como los peces. Las mudas en *Artemia salina* son muy frecuentes y las *nauplius* de 24 h presentan una cutícula muy fina lo que las hace especialmente sensibles al tóxico, el cual penetra a través de las barreras fisiológicas absorbiéndose rápidamente y provocando diferentes alteraciones en estos organismos, que van desde efectos subletales sobre la movilidad, la reproducción y la hematología hasta la muerte de la larva (González Pérez & Aportela Gilling, 2001).

Otros estudios han demostrado como la variabilidad de la biota de microcrustáceos en los cuerpos de agua son indicadores de contaminación, en aguas contaminadas no se encuentra una gran diversidad de microcrustáceos mientras que en aguas más limpias se encuentra mayor variabilidad de los mismos (Mukhopadhyay, Chattopadhyay, Goswami, & Chatterjee, 2007). Los rotíferos y cladóceros son habitantes obligados de los cuerpos de agua dulce en Colombia, pero cuando no se encuentra variedad de los mismos, esto puede ser un indicador de contaminación (Mukhopadhyay, Chattopadhyay, Goswami, & Chatterjee, 2007). Los rotíferos y copépodos por excelencia son organismos habitantes de aguas dulces limpias y eventualmente se encuentran desplazados por las concentraciones de metales en los cuerpos de agua y la disminución de alimento en consecuencia del mismo evento. La presencia de estos organismos es fundamental ya que participan en procesos de limpieza de los cuerpos de agua, dándole movilidad y participando en el aumento o disminución de las concentraciones de oxígeno en las fuentes hídricas (Mukhopadhyay, Chattopadhyay, Goswami, & Chatterjee, 2007).

### **2.3 Cuenca alta del Rio Bogotá.**

Las poblaciones ubicadas en la cuenca alta del río Bogotá disponen de 5 fuentes de agua: ríos y quebradas, aguas lluvias, aguas residuales, aguas de trasvase y aguas subterráneas (Sociedad Geográfica de Colombia, 2002).

El principal río de la cuenca es el Río Bogotá, éste el único desaguadero al que dan 8 valles, 11 subcuencas tributarias y los desechos de todas las poblaciones que habitan en cercanías del río. (Sociedad Geográfica de Colombia, 2002; Cubides Guerrero & Ramírez Franco, 2014)

La primera cuenca hidrográfica de Cundinamarca es la que comprende el río Bogotá, el cual nace en el páramo de Guacheneque y desemboca en el río Magdalena, comprende un área de 585.000ha distribuido en varios pisos

térmicos, el río atraviesa aproximadamente 300km. Se subdivide en la cuenca alta, media y baja (Peña, 1991).

La cuenca alta cubre el 71% del total de la cuenca, abarcando la sabana de Bogotá y los sistemas montañosos circundantes, la cuenca alta cubre desde el municipio de Villapinzón hasta el salto del Tequendama (Peña, 1991).

La cuenca media y baja, se ubican en el vértice oriental y están caracterizadas por conformar un corredor natural que desciende hacia el valle del Magdalena medio; la cuenca media corresponde al 19% de la totalidad de la cuenca que se da a partir del salto del Tequendama hasta el boquerón del portillo (Peña, 1991; Quintero Castrillon & Wilson Martinez, 2010).

La cuenca baja corresponde al 10% de la cuenca del río y se da a partir del Boquerón del portillo hasta su desembocadura en el río Magdalena (Peña, 1991).

El paso del río se da por los municipios de: Anolaima, Anapoima, Apulo, Cachipay, Mesitas del Colegio, La Mesa, San Antonio de Tena, Tena, Viotá, Zipacón y parte de Quipile, en su mayor parte ubicados en el piso térmico medio o templado y en menor proporción cálido. Su precipitación media anual es de 1.600mm anuales (Figura 5) (Peña, 1991; Quintero Castrillon & Wilson Martinez, 2010). La temperatura hacia las partes altas oscila alrededor de los 19° C en tanto que en las partes bajas llega a los 24° C; los períodos lluviosos se presentan entre los meses de mayo-junio, y septiembre-noviembre. De acuerdo a la clasificación de Holdridge (IGAC 1977), se identifican las formaciones vegetales: bosque húmedo premontano, bosque muy húmedo premontano, bosque muy húmedo montano bajo y bosque seco tropical (Peña, 1991).

Dentro de la cuenca, la Sabana de Bogotá ofrece a sus pobladores un clima de eterna primavera, que la convierte en un sitio ideal para el ejercicio físico e intelectual; su paisaje, su verdor, es un hábitat apropiado para que la vida crezca y se desarrolle, lo plano de la Sabana confiere fluidez natural en la fluidez de la zona y facilidad para instalar infraestructura. Desafortunadamente el agua escasea se han tenido que extraer aguas de otra cuenca (Orinoquia) para poder dar abasto con el requerimiento de agua en la cuenca de la sabana de Bogotá, el aumento demográfico, uso doméstico e industrial y los vertimientos que en él se hacen han creado una problemática de tamaño monumental para el gobierno de Cundinamarca (Sociedad Geográfica de Colombia, 2002; Quintero Castrillon & Wilson Martinez, 2010).

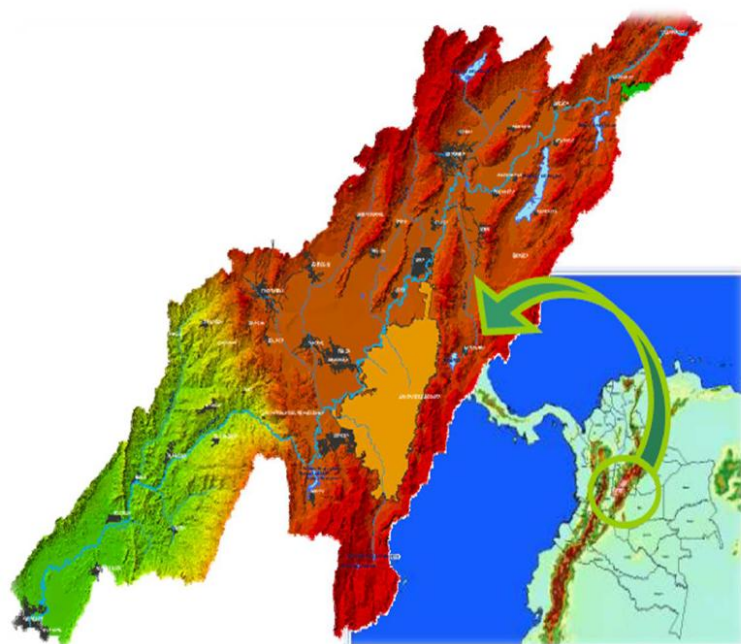


Figura 5. Localización de la cuenca del río Bogotá

Tomado de: Corporación Autónoma Regional

El distrito capital está envenenado en toda su extensión las aguas del río, desde Villapinzón los cultivadores de papa afectan el río por los agroquímicos que aplican en sus cultivos, aguas abajo en Villapinzón y Chocontá las curtiembres que allí operan, vierten aguas con alto contenido químico, luego recibe las aguas del río Salitre, Fucha y Tunjuelito, posteriormente sus aguas son dirigidas a la represa del Muña para que genere energía eléctrica, en su paso por la sabana la pendiente del río es mínima, lo que no facilita el paso de sus aguas, empeorando la problemática de las aguas del río (Sociedad Geográfica de Colombia, 2002).

#### **2.4 Contaminación por dicromato de potasio en la cuenca alta del río Bogotá.**

El río Bogotá es el afluente al que más vertimientos de aguas urbanas e industriales se le hace en el país, de las poblaciones de la sabana; es aún más importante por su gran aporte de carga contaminante a la corriente más significativa del país, el río Magdalena. Existen varios análisis sobre trazas metálicas en el río: el estudio realizado por la firma Ingeseries Ltda., entre los años 1990 - 1991, aporta información sobre la concentración de metales en la columna de agua. Otro estudio fue el realizado entre 1992 y 1993 por la firma ILAM Ltda., con una gran similitud de los datos reportados por las dos firmas. Los mencionados estudios se orientaron al análisis de la columna de agua, en donde se analizó el contenido de metales de los sedimentos, pero no el intercambio entre estos y la columna de agua. Para el agua. Las concentraciones de metales pesados encontradas en los estudios mencionados, muestran que en la mayoría de los puntos las concentraciones rebasan los límites permisibles, para las

diferentes actividades. Para los sedimentos. En el análisis de sedimentos, Ingeseries Ltda. desarrolló un estudio de metales pesados en los sedimentos. Para las concentraciones de trazas metálicas en sedimentos existen algunas regulaciones en el mundo, donde se establecen valores límite para los que se no se presentaría daño ecológico aparente (Pinzón Uribe, Ospina Granados, & Chávez Porras, 2009).



Figura 6. Vertimientos industriales. Cambian la coloración de las aguas y son señal de alarma de las concentraciones químicas utilizadas en las industrias adyacentes.

Tomado de: [www.alcaldiabogota.gov.co](http://www.alcaldiabogota.gov.co)

Los derivados del cromo hexavalentes (cromatos y dicromatos), presentes en el las aguas del río Bogotá (Figura 6), son de origen antropogénico, que en altas concentraciones producen toxicidad para las plantas, ocasionando disminución en la incorporación de calcio, de potasio, de fósforo, de hierro y de manganeso, además, de afecciones en el metabolismo de los carbohidratos y disminución de la clorofila. Algunos factores que afectan su disponibilidad son el pH del suelo, la interacción con otros elementos y compuestos orgánicos quelados. Se utiliza en metalurgia, en curtido de cueros y en fabricación de pinturas, que desafortunadamente encontramos gran variedad de estas industrias ubicadas en cercanías del río y haciendo sus vertimientos en el mismo, los efluentes de cromo hexavalente de estas industrias contaminan el agua y el suelo. La reglamentación colombiana especifica los criterios y los valores respectivos para evaluar las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas destinadas para consumo humano, y establece como valor máximo admisible 0,05 mg/L para Cromo Total, la legislación para agua potable no considera las concentraciones de Cromo Hexavalente (Severiche Sierra & González García, 2013).

### 3. CONCLUSIONES

- Los vertimientos de compuestos de alta peligrosidad en el río Bogotá son una alerta constante para todas las personas que dependen de los servicios ofrecidos por este cuerpo de agua, ya que a pesar de que la legislación establece límites permitidos, las industrias que los generan, no toman total responsabilidad por ello y en algunos casos lo establecido no se cumple.
- Los efectos de los compuestos y derivados del cromo, son altamente letales en los microcrustaceos revisados en este trabajo, ya que muestran que este compuesto afecta el desarrollo biológico de los organismos, lo que puede llevar al desarrollo subnormal de los mismos o incluso la muerte.
- El vertimiento descontrolado de compuestos químicos y principalmente de dicromato de potasio hacen que los servicios que típicamente ofrece un cuerpo de agua no puedan ser los mismos para el río Bogotá, porque se ha convertido en una cloaca y no puede ser de uso comunitario.
- La dimensión y capacidad de la cuenca de río Bogotá ha sido altamente sobrepasada debido a la enorme demanda del recurso por los habitantes de la sabana, lo que es significativamente problemático, porque la resiliencia de la cuenca se ha visto reducida o casi nula, convirtiéndola en un recurso altamente valioso pero que no puede ser distribuida con la misma calidad para todos los que la consumen o que viven cerca a ella.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bernal Paredes , A., & Rojas Avellaneda , A. (2007). Determinacion de la concentración Letal Media (CL50-48) del Mercurio por Medio de Bioensayos de Toxicidad Acuatica sobre Daphnia pulex. *Universidad de la Salle*, 35.
2. Cubides Guerrero, P., & Ramírez Franco, J. (2014). Adsorción de Cr Cl sobre Residuos de Café. *Mutis*, 4(2): 18-25.
3. Gariboti, E., Cervellini, P., & Piccolo, M. (2009). Microcrustaceos Planctonicos y Caracteristicas Limnologicas de Dos Lagunas Pampeanas (Buenos Aires, Argentina). *Limnetica* (1), 91-104.
4. Gonzáles Pérez , Y., & Aportela Gilling, P. (2001). Determinacion de la Toxicidad Aguda del Dicromato de Potasio en Larvas de Artemia salina. *Anuario Toxicología* , 1 (1): 104-108.
5. Gutierrez, M., & Gagneten, A. (2011). Efecto de los Metales Sobre Microcrustaceos de Agua Dulce. Avances Metodologicos y Potencialidad de Cladóceros y Copepodos como Organismos Test. *Revista Peruana de Biología*, 18 (3): 389-396.



6. ILAM Ltda. (1993). Programa de Aforo y Muestreo Sobre el Río Bogotá. *Trabajo para la Corporación Autónoma Regional de la Sabana d Bogotá y Valle de Ubaté CAR*, 1-3.
7. Ingeseries LTDA. (1991). "Programa de aforos y muestreos sobre el río Bogotá". *Estudio para la Corporación Autónomia Regional de la Sabana de Bogotá y Valle de Ubaté CAR*, 1-10.
8. IPCS. (2005). *Fichas Internacionales de Seguridad Quimica. Dicromato de Potasio*. Vancouver, Canadá: IPCS.
9. Lankaster , E. (1908). *A tretise of zoology*. London, U.K.: Adam and Charles Black.
10. Mukhopadhyay, S., Chattopadhyay, B., Goswami, A., & Chatterjee, A. (2007). Spatial Variations in Zooplankton Diversity in Waters Contaminated with Composite Effluents. *Journal of Limnology.*, 66(2): 97-106.
11. Peña, G. (1991). Exploraciones Arqueológicas en la Cuenca Media del Río Bogotá. *Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales*, 1-9.
12. Pinzón Uribe, L., Ospina Granados, E., & Chávez Porras, A. (2009). Interacción de los Metales Pesados entre el Sedimento y la Columna de Agua. *Revista Gestion Integral en Ingenieria Neogranadina*, 1: 1-10.
13. Pulgarin, E., & Martinez, J. (2010). Estado Ecotoxicológico Actual de la Cuenca Alta del Rio Bogota Mediante Bioensayos de Toxicidad Acuatica Utilizando Daphnia pulex. Tesis de Pregrado. Universidad de la Salle. 46-59.
14. Quintero Castrillon, D., & Wilson Martinez, J. (2010). Prediagnostico Toxicológico Asociado al Recurso Agua de la Cuenca Alta del Río Bogotá. *Universidad de la Salle*, 5-9.
15. Rangel, O. (2000). Clima en Colombia. Colombia Diversidad Biótica III la Región de Vida Paramuna. Instituto de Ciencias Naturales. *Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Investigacion en Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Bogotá*, 902.
16. Salgado Leu, I. (2001). La Artemia y su Cultivo en el Perú. *Universidad Nacional de Piura*, 3-14.
17. Sanchez Martinez, M. (2006). Alteraciones Fisiologicas como Consecuencia de la Exposición a Plaguicidas en Sucesivas Generaciones de Daphnia magna. *Servei de Publicacions*, 17-61.

18. Severiche Sierra, C., & González García, H. (2013). Verificación Analítica para las Determinaciones de Cromo Hexavalente en Aguas por Espectrofotometría. *Ingeniería USBmed*, 4(1): 22-26.
19. Silva, J., Torrejón, G., Bay Schmith, E., & Larrain A. (2003). Calibración Bioensayo de Toxicidad Aguda con *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera) Usando un Toxico de Referencia. *Guyana* (67), 87-96.
20. Sociedad Geográfica de Colombia. (2002). Cuenca Alta del Rio Bogotá Descripción y Diagnóstico. *Sociedad Geográfica de Colombia*, 3, 21-22.